

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 28 596 A 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
H 03 H 9/56
H 03 H 9/24

⑳ Aktenzeichen: 199 28 596.9
㉔ Anmeldetag: 22. 6. 1999
㉕ Offenlegungstag: 5. 1. 2000

③① Unionspriorität:
106729 29. 06. 1998 US
⑦① Anmelder:
TRW Inc., Redondo Beach, Calif., US
⑦④ Vertreter:
WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
Rechtsanwälte, 81541 München

⑦② Erfinder:
Cushman, Drew, Lomita, Calif., US; Crawford, Jay
D., Long Beach, Calif., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤④ Quermodenunterdrückung in akustischen Halbleitervollmaterial-Resonator(SBAR)-Vorrichtungen unter Verwendung von sich verjüngenden Elektroden und von Elektrodenranddämpfungsmaterialien
- ⑤⑦ Akustischer Halbleitervollmaterial-Resonator (semi-conductor bulk acoustic resonator, SBAR) mit verbesserten Eingangsverlusten des Durchlaßbereiches und verbesserten Phasenleistungsfähigkeitseigenschaften, was ihn für den Gebrauch bei einer größeren Vielfalt von Schmalband-Filteranwendungen geeignet macht. Der SBAR wird so gestaltet, daß sich in Querrichtung ausbreitende akustische Wellenmoden unterdrückt werden. Die akustischen Querwellenmoden werden dadurch beherrscht, daß die Querabmessungen der Resonatorelektroden variiert werden und/oder ein viskoses akustisches Dämpfungsmaterial, beispielsweise ein viskoelastisches Material, z. B. Polyimid entlang mindestens einem Teil des Rands der Elektroden verwendet wird, um Reflektionen der akustischen Quermoden am Elektrodenrand zurück in den Elektrodenbereich zu schwächen.

DE 199 28 596 A 1

DE 199 28 596 A 1

59/971.095

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

1. Bereich der Erfindung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen akustischen Halbleitervollmaterial-Resonator (Semiconductor Bulk Acoustic Resonator, SBAR) oder einen Vollmaterial-Akustikwellen (Bulk Acoustic Wave, BAW)-Resonator, der so gestaltet ist, daß er akustische Quermoden schwächt, um die Eingangsverluste und die Phaseneigenschaften von SBAR-Filtern zu verbessern.

2. Beschreibung des Standes der Technik

Akustische Halbleitervollmaterial-Resonatoren (SBARs) sind der Fachwelt bekannt. Ein Beispiel eines solchen SBARs ist in dem US Patent 5,382,930 offenbart, auf das hier Bezug genommen wird. SBAR-Vorrichtungen umfassen Resonatoren, Kristallstapelfilter (stacked crystal filters, SCFs), Multipolfilter, die auf induktorgekoppelten Topologien basieren, die in dem '930-Patent offenbart sind, und andere Filtertopologien. Wegen ihrer relativ kleinen Größe, hohen Güte (hohem Q) und ihrer hohen Betriebsfrequenz sind derartige SBARs besonders gut bei Anwendungen mit Anpassung für Hochleistungsfähigkeit geeignet, bei denen der Raum beschränkt ist.

Derartige SBARs sind akustische Dünnschichtresonatoren, die auf einem Halbleitersubstrat wie Galliumarsenid (GaAs) hergestellt sind, was sie besonders geeignet zur Integration mit monolithischen integrierten Mikrowellenschaltkreisen (microwave monolithic integrated circuits, MMICs) mit extrem schnellen Feldeffekttransistoren mit Heterostruktur (high electron mobility transistor, HEMT) und Bipolartransistoren mit Heteroübergang (heterojunction bipolar transistor, HBT) macht, wie sie beispielsweise offenbart sind in: "SBAR Filter Monolithically Integrated With an HBT Amplifier", Cushman et al.; IEEE Ultrasonic Symposium, 1990, pp. 519-524; und "SBAR-HEMT Monolithic Receiver Front End With Bulk Acoustic Filters", Cushman et al., GOMAC DIGEST, 1997, pp. 279-282, auf die hier Bezug genommen wird. Derartige SBARs umfassen typischerweise eine dünne Schicht oder einen dünnen Film eines piezoelektrischen Materials wie Aluminiumnitrid oder Zinkoxid, das beispielsweise durch Sputtern (Kathodenzerstäubung) auf dem Halbleitersubstrat abgelagert werden kann. Auf entgegengesetzten Oberflächen der piezoelektrischen Schicht werden Dünnschicht-Metallelektroden ausgebildet, um einen SBAR-Resonator zu bilden. Ein Kristallstapelfilter (SCF) ist ähnlich, umfaßt aber zwei AlN-Schichten und drei Metallelektroden.

Unregelmäßigkeiten bei den Eingangsverlusten und der Phase haben bisher verhindert, daß SBARs in vielen Anwendungen verwendet werden. Derartige Unregelmäßigkeiten in der Leistungsfähigkeit sind auf die unerwünschten akustischen Quermoden derartiger SBARs zurückzuführen. Es ist bekannt, daß diese akustischen Quermoden mit den erwünschten akustischen Längsmoden interferieren, wodurch sie die oben erwähnten Unregelmäßigkeiten in der Leistungsfähigkeit bewirken.

Zusammenfassung der Erfindung

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, zahlreiche Probleme des Stands der Technik zu lösen.

Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen (SBAR-) Filter mit verbesserten Leistungseigenschaf-

ten bereitzustellen.

Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen SBAR bereitzustellen, der so gestaltet ist, daß er akustische Quermoden unterdrückt.

- 5 Kurz gesagt, bezieht sich die Erfindung auf einen akustischen Halbleitervollmaterial-Resonator (SBAR) mit verbesserten Eingangsverlusten im Durchlaßbereich und verbesserter Phasenleistungsfähigkeit. Der SBAR ist so angeordnet, daß er sich in Querrichtung ausbreitende akustische Wellenmoden unterdrückt. Die akustischen Querwellenmoden werden dadurch gesteuert, daß die Querabmessungen der Resonatorelektroden variiert werden und/oder, daß ein viskoelastisches akustisches Dämpfungsmaterial wie Polyimid entlang mindestens einem Teil des Rands der Elektroden verwendet wird, um Reflexionen der akustischen Quermoden an den Elektrodenrändern in den Elektrodenbereich zurück abzuschwächen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

20 Diese und andere Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden unter Bezug auf die folgende Beschreibung und zugehörige Zeichnung leicht ersichtlich, wobei:

Fig. 1 eine Querschnittsansicht eines bekannten akustischen Vollmaterial-Resonators ist.

25 Fig. 2 eine Aufsichtsansicht des bekannten, in Fig. 1 dargestellten SBARs ist.

Fig. 3A eine Quadratelektrodengeometrie für einen bekannten SBAR darstellt.

30 Fig. 3B eine Geometrie mit sich verjüngender Elektrode für einen erfindungsgemäßen SBAR darstellt.

Fig. 4A die Verwendung einer viskoelastischen Randedämpfung bei einer Elektrode für einen SBAR für eine Quadratelektrodengeometrie gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt.

35 Fig. 4B die Verwendung einer viskoelastischen Randedämpfung bei einer Geometrie mit sich verjüngender Elektrode gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt.

Fig. 5 die Frequenzantwort eines 1,43 GHz-SBAR-Filters mit rechteckigen Elektroden darstellt, was einen Durchlaßbereich veranschaulicht, der voller Zacken ist, was durch Interferenz der unerwünschten Quermode mit der Längsmode hervorgerufen wird.

40 Fig. 6 die verbesserte Antwort auf den in Fig. 5 geprüften SBAR darstellt, wobei eine Geometrie mit sich verjüngender Elektrode gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

Fig. 7 eine graphische Darstellung ist, die die SBAR-Frequenzantwort eines 1,94 GHz-SBARs zeigt, wobei eine Geometrie mit rechteckiger Elektrode verwendet wird.

50 Fig. 8 die verbesserte Antwort des in Fig. 7 geprüften SBAR darstellt, der eine akustische Dämpfung an den Rändern der Elektrode gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen akustischen Halbleitervollmaterialresonator (SBAR) mit verbesserten Leistungseigenschaften. Wie unten ausführlicher beschrieben wird, ist der SBAR so gestaltet, daß er akustische Quermoden unterdrückt, was die Glattheit des Eingangsverlusts und der Phasenantwort verbessert.

65 Um ein vollständiges Verständnis der Erfindung zu erreichen, ist ein bekannter SBAR in den Fig. 1 und 2 dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Der im ganzen mit der Bezugszahl 20 bezeichnete SBAR umfaßt ein Halbleitersubstrat 22 wie Galliumarsenid (GaAs). Oberhalb des Halblei-

tersubstrats 22 wird eine piezoelektrische Schicht 24 ausgebildet, wobei sie aus zahlreichen unterschiedlichen piezoelektrischen Materialien wie Aluminiumnitrid, Zinkoxid oder ähnlichem hergestellt sein kann. Wie allgemein bekannt, kann die piezoelektrische Schicht 24 durch Sputtern (Kathodenzerstäubung) oder durch zahlreiche andere Prozesse gebildet werden. Die piezoelektrische Schicht 24 ist dafür ausgelegt, zwischen einem Paar Elektroden 26 und 28, die an entgegengesetzten Seiten der piezoelektrischen Schicht 24 ausgebildet sind, angeordnet zu werden. Die Elektroden 26 und 28 können durch zahlreiche Verfahren wie Metaldampfablagerung hergestellt sein. Zu- und Ableitungen 30 bzw. 32 können in derselben Weise wie die Elektroden 26 und 28 gebildet werden und elektrisch mit den Elektroden 26 bzw. 28 verkoppelt werden, um Eingangs- und Ausgangsanschlüsse für die Vorrichtung bereitzustellen.

Auf einer Seite des Halbleitersubstrats 22 ist, wie im ganzen in Fig. 1 zu sehen, ein Durchlaß 34 ausgebildet. Der Durchlaß 34 kann durch zahlreiche Prozesse, darunter Ätzen, ausgebildet werden. Der resonierende Bereich des SBARs wird durch den Bereich des Überlapps der Elektroden 26 und 28 gebildet.

Bekannte SBARs, wie sie beispielsweise in den Fig. 1 und 2 dargestellt sind, umfassen bekanntlich im allgemeinen quadratische oder rechteckige Elektroden 26 und 28. Wenn derartige Metallelektroden 26 und 28 an der piezoelektrischen Schicht 24 angebracht werden, wird die Geschwindigkeit der akustischen Wellen innerhalb des piezoelektrischen Materials 24 verringert. Diese Geschwindigkeitsveränderung zwischen den metallisierten Elektroden 26 und 28 und den frei liegenden piezoelektrischen Bereichen um den Resonator herum bewirken bekanntermaßen eine Reflexion von sich in Querrichtung ausbreitenden akustischen Wellen an den Elektrodenrändern. Diese Reflexionen begrenzen die Quermode und erzeugen eine Resonanz mit stehenden Wellen.

Die Resonanzfrequenz der Quermode wird durch die Querabmessungen der Metallelektroden und durch die Schallgeschwindigkeit der unterschiedlichen Querresonanzmoden bestimmt. Unter Bezug auf Fig. 3A liegt bei einer Geometrie mit im ganzen quadratischer oder rechteckiger Elektrode die gesamte Energie der resonanten Mode bei einer einzigen Frequenz, die in Fig. 3A als Frequenz F_2 dargestellt ist. Die Interferenz zwischen dieser Quermode und der gewünschten Längsmode führt zu Änderungen im Durchlaßbereich, wie sie in Fig. 5 für einen 1,43 GHz-SBAR und in Fig. 7 für einen 1,94 GHz-SBAR dargestellt sind.

Gemäß der vorliegenden Erfindung werden SBARs mit unterdrückten akustischen Querwellenmoden bereitgestellt, die für deutlich veränderte Durchlaßbereiche sorgen, wie in den Fig. 6 und 8 dargestellt. Die Wellung in dem Durchlaßbereich wird unterdrückt. Gemäß der vorliegenden Erfindung können zwei Verfahren entweder einzeln, wie in den Fig. 3B und 4A dargestellt, oder in Kombination, wie in Fig. 4B dargestellt, verwendet werden, um die akustischen Quermoden zu unterdrücken.

Beim ersten erfindungsgemäßen Verfahren verjüngen sich die Elektroden an einer oder mehreren sich verjüngenden Seiten 38-42. Bei dieser Ausführungsform ist eines der Paare von gegenüberliegenden Seiten 38, 40 und 42, 44 nicht-parallel ausgebildet. Insbesondere werden die Querabmessungen der Elektroden so geändert, daß sich die Frequenz der resonanten Quermode über einen Frequenzbereich mit verringerten Intensitäten erstreckt, beispielsweise zwischen F_1 und F_3 , wobei $F_1 > F_2 > F_3$, wie in Fig. 3B dargestellt. Somit erstreckt sich die Frequenz der einzelnen Quermoden über einen breiteren Frequenzbereich, was die

Höhe der Durchlaßbereichinterferenz und die Variation der Eingangsverluste verringert. Insbesondere ist es bekannt, daß eine Elektrodengeometrie mit parallelen Seiten eine Serie von stark resonanten Spitzen (peaks) erzeugt, die zu einer starken Interferenz mit der gewünschten Längsresonanz führen können. Eine Elektrode mit sich verjüngenden, nicht-parallelen Kanten, wie sie beispielsweise in Fig. 3B dargestellt ist, verbreitert die Resonanz über einen Frequenzbereich, wodurch die Energie bei jeder bestimmten Frequenz verringert wird. Auch andere Geometrien sind geeignet, um die Übereinstimmung von Querabmessungen oder die durch akustische Quermoden bewirkte Übereinstimmung der Resonanzfrequenz zu verringern.

Bei einer zweiten Ausführungsform der Erfindung, die, wie in Fig. 4A dargestellt, entweder alleine, oder, wie in Fig. 4B dargestellt, in Kombination mit einer Geometrie mit sich verjüngenden Elektroden verwendet werden kann, wird ein viskoelastisches akustisches Dämpfungsmaterial entlang mindestens einem Teil des Rands der Elektroden angeordnet, wie in Fig. 4B dargestellt. Die viskose Dämpfung absorbiert und schwächt einen bedeutenden Teil der akustischen Querenergie, wobei die gewünschte akustische Längsmode schwach absorbiert wird.

Es eignen sich unterschiedliche Arten von akustischen Dämpfungsmaterialien, wie etwa jedes viskoelastische Material, z. B. Polyimid. Im wesentlichen kann das akustische Dämpfungsmaterial jedes Material sein, das akustische Energie wirksam absorbiert und an den Rand einer SBAR-Elektrode angebracht werden kann.

Patentansprüche

1. Akustischer Halbleitervollmaterial-Resonator (semiconductor bulk acoustic resonator, SBAR) (20), mit: einem Substrat (22); einer Schicht (24) piezoelektrischen Materials, die auf dem Substrat (22) ausgebildet ist; einem Paar Elektroden (26, 28), wobei die piezoelektrische Schicht (24) zwischen den beiden Elektroden (26, 28) angeordnet ist; und einer Einrichtung zum Unterdrücken von Quermodenresonanzen des SBARs.
2. SBAR nach Anspruch 1, bei dem die unterdrückende Einrichtung ein akustisches Dämpfungsmaterial umfaßt, das an einem Teil des SBARs angebracht ist.
3. SBAR nach Anspruch 2, bei dem das akustische Dämpfungsmaterial um einen Teil des Rands der Elektroden herum angeordnet ist.
4. SBAR nach Anspruch 2, bei dem das akustische Dämpfungsmaterial ein viskoelastisches Material ist.
5. SBAR nach Anspruch 4, bei dem das viskoelastische Material ein Polyimid ist.
6. SBAR nach Anspruch 1, bei dem das Substrat GaAs ist.
7. Akustischer Halbleitervollmaterial-Resonator (semiconductor bulk acoustic resonator, SBAR) (20), mit: einer Schicht (24) piezoelektrischen Materials; einem Paar Elektroden (26, 28), wobei die piezoelektrische Schicht zwischen den beiden Elektroden (26, 28) angeordnet ist, wobei die Elektroden (26, 28) zwei Paare (38, 40; 42, 44) von jeweils gegenüberliegenden Seiten haben, wobei mindestens ein Paar (38, 40; 42, 44) gegenüberliegender Seiten nicht-parallel ausgebildet ist, um akustische Querwellenmoden zu unterdrücken.
8. SBAR nach Anspruch 7, bei dem das piezoelektrische Material Aluminiumnitrid oder Zinkoxid ist.
9. Verfahren zum Bilden eines akustischen Halbleiter-

vollmaterial-Resonators (semiconductor bulk acoustic resonator) (20) mit verringerten Querresonanzmoden, mit den Schritten:

- (a) Aufbringen einer Schicht (24) piezoelektrischen Materials; 5
- (b) Auswählen einer Elektrodenanordnung, indem die Querabmessungen der Elektroden (26, 28) geändert werden, bis die akustische Querresonanzmode unterdrückt wird;
- (c) Bilden der Elektroden (26, 28) in der ausgewählten Anordnung; 10
- und
- (d) Anordnen des piezoelektrischen Materials zwischen den Elektroden (26, 28).

10. Verfahren zum Bilden eines akustischen Halbleitervollmaterial-Resonators (semiconductor bulk acoustic resonator) (20) mit verringerten Querresonanzmoden, mit den Schritten: 15

- (a) Aufbringen einer Schicht (24) piezoelektrischen Materials auf einem Substrat (22); 20
- (b) Bilden von Elektroden (26, 28) derart, daß die piezoelektrische Schicht zwischen den Elektroden (26, 28) angeordnet ist; und
- (c) Aufbringen eines akustischen Dämpfungsmaterials zumindest an einem Teil des Rands der Elektroden (26, 28). 25

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem das akustische Dämpfungsmaterial ein viskoelastisches Material ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem das viskoelastische Material Polyimid ist. 30

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

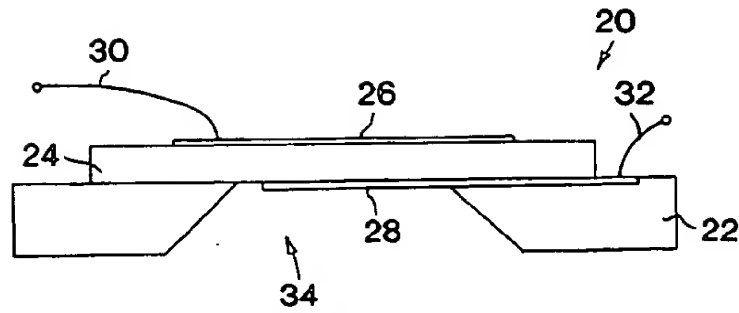


FIG. 1
STAND DER TECHNIK

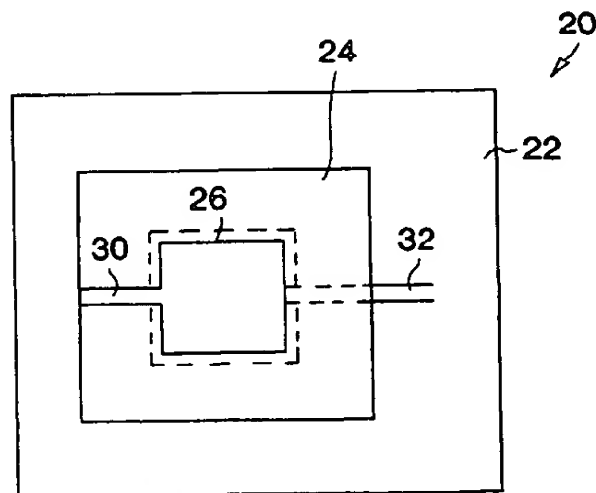
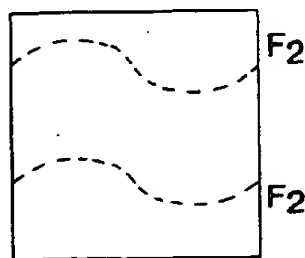


FIG. 2
STAND DER TECHNIK

GEOMETRIEN MIT QUADRATISCHEN UND
SICH VERJÜNGENDEN ELEKTRODEN

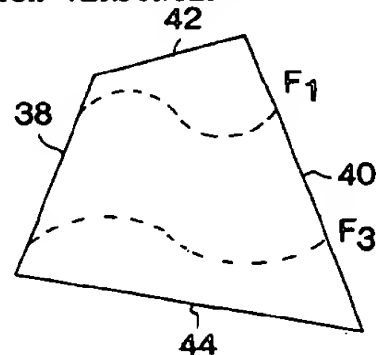


$$F_1 > F_2 > F_3$$

FIG. 3A

FREQUENZEN: $F_1 > F_2 > F_3$

GEOMETRIEN MIT QUADRATISCHEN UND
SICH VERJÜNGENDEN ELEKTRODEN

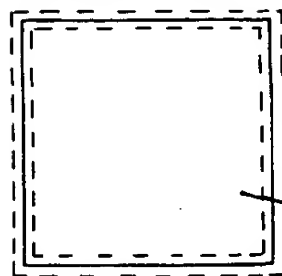


$$F_1 > F_2 > F_3$$

FIG. 3B

FREQUENZEN: $F_1 > F_2 > F_3$

RANDDÄMPFUNG

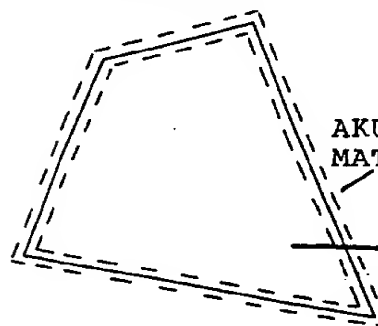


AKUSTISCHES DÄMPF-MATERIAL

ELEKTRODE

FIG. 4A

RANDDÄMPFUNG



AKUSTISCHES DÄMPF-MATERIAL

ELEKTRODE

FIG. 4B

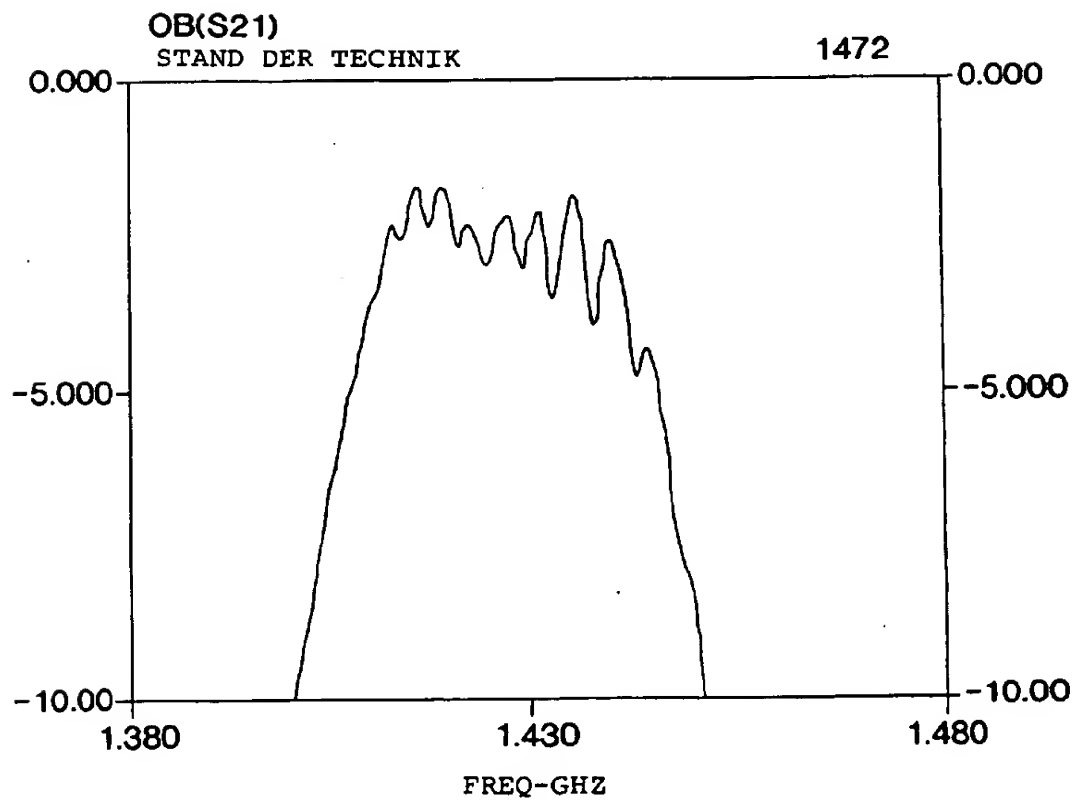


FIG. 5

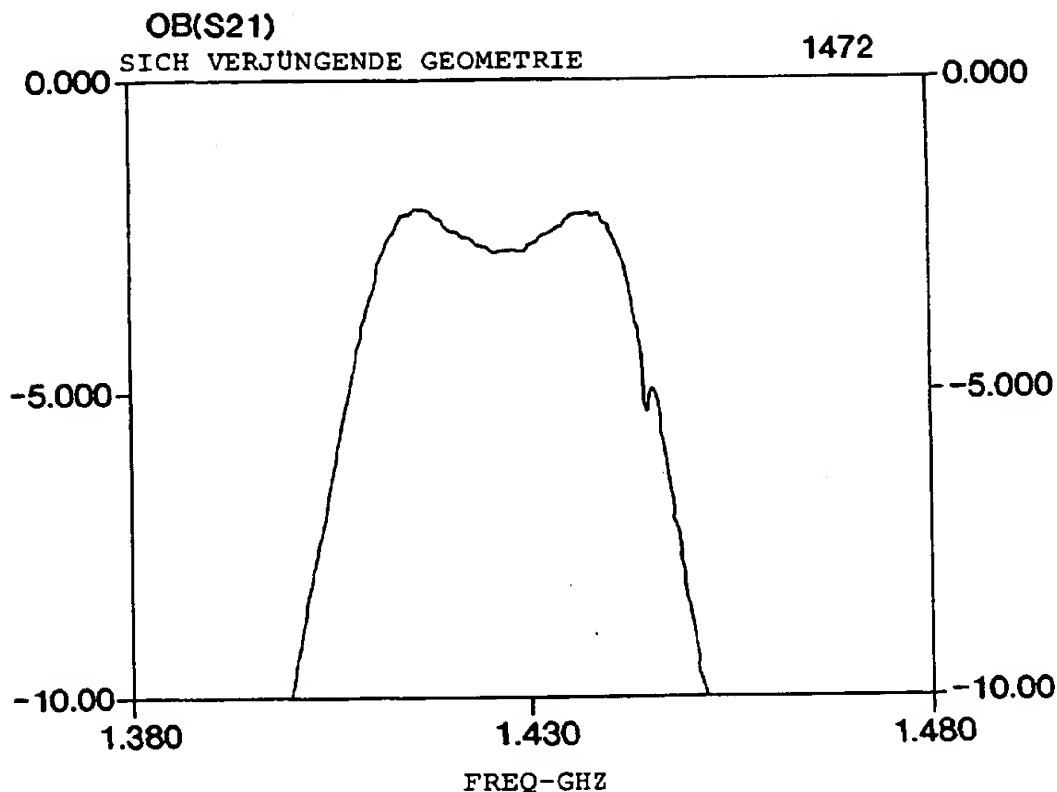


FIG. 6

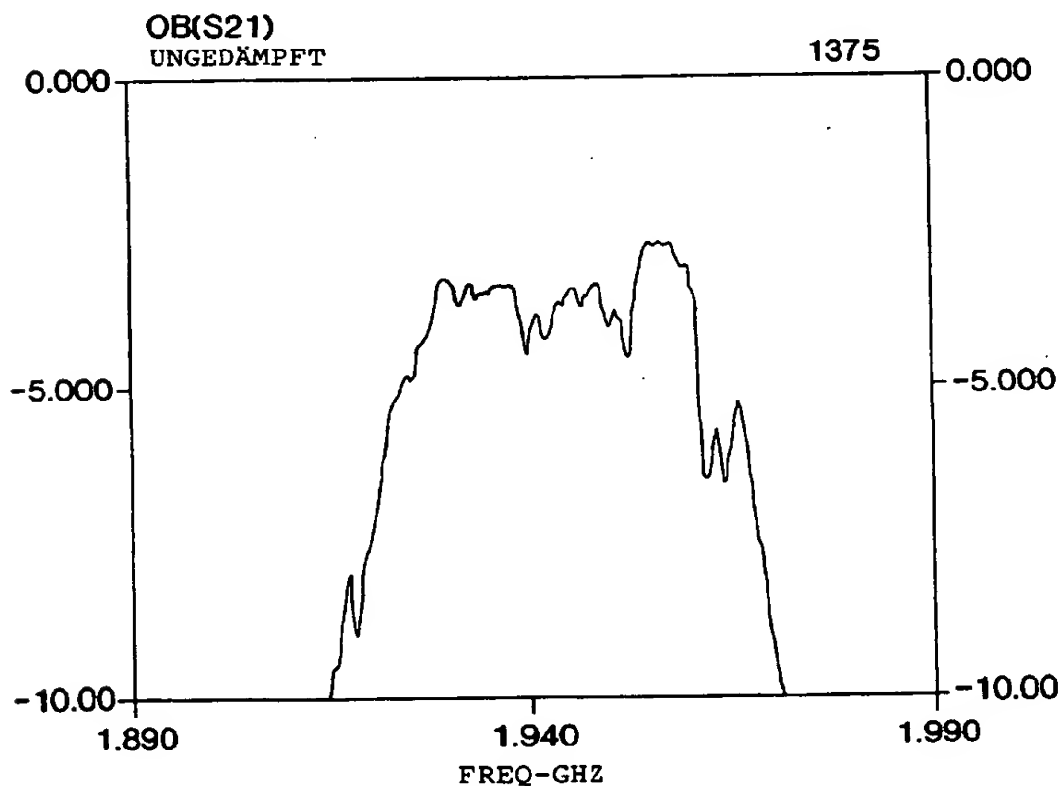


FIG. 7

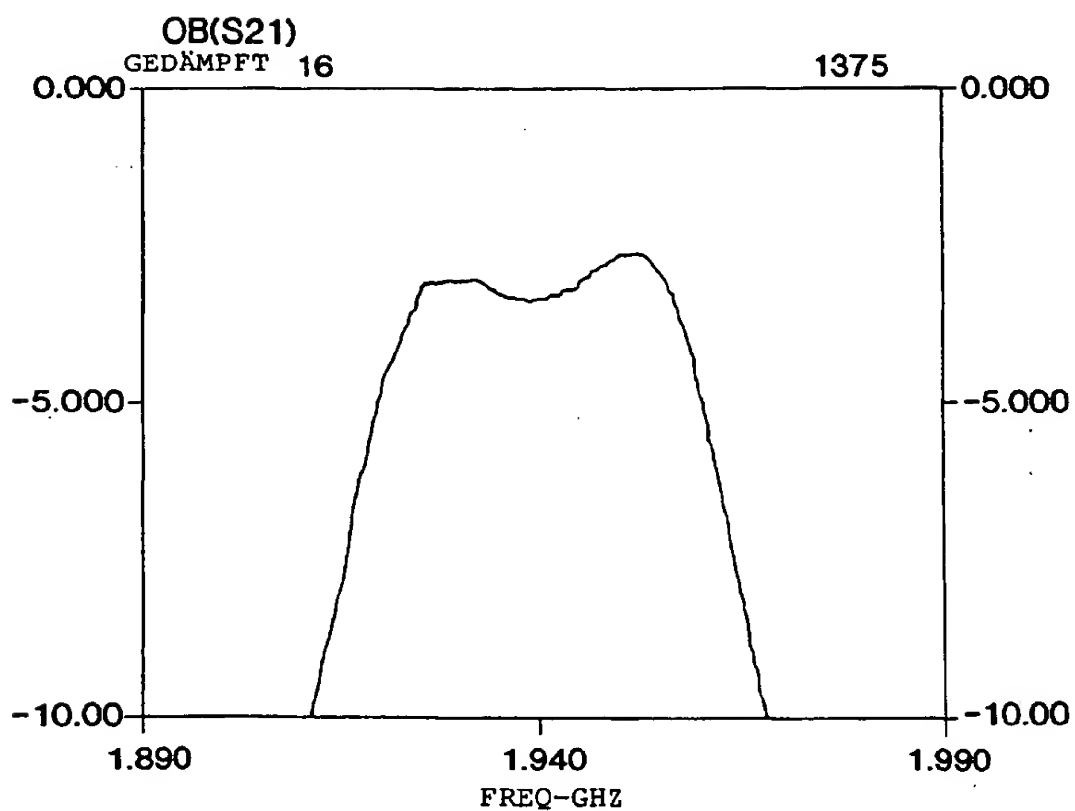


FIG. 8